

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-106942  
 (43)Date of publication of application : 09.04.2003

(51)Int.CI. G01M 11/02  
 G01J 4/04

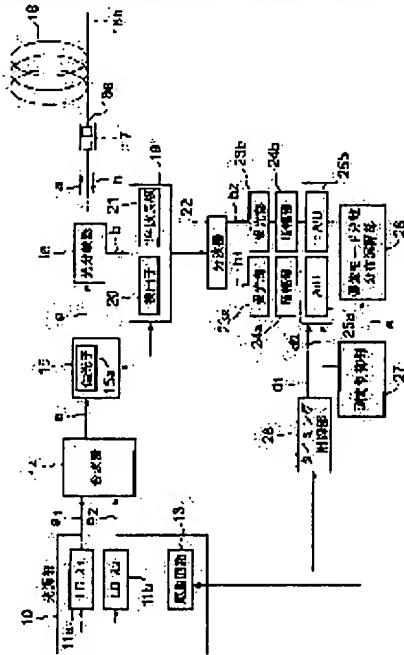
(21)Application number : 2001-304321 (71)Applicant : ANRITSU CORP  
 (22)Date of filing : 28.09.2001 (72)Inventor : IWASAKI OURIO

## (54) DEVICE FOR MEASURING POLARIZED WAVE MODE DISPERSION AND DISTRIBUTION

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To efficiently measure polarized wave mode dispersion PMD at each position L in an optical fiber 18.

**SOLUTION:** Information of light a propagating at each position L in the optical fiber 18 is obtained by utilizing backward scattered light b generated in the optical fiber 18. Furthermore, a light source part 10 for emitting a plurality of pulselike light a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> having wavelengths  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  different from each other at a fixed measurement period TS and a light wave synthesizer 14 for synthesizing each light a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> emitted from the light source part into one light a are adopted to incorporate a plurality of light pulses a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> having different wavelengths in one measurement period TS for the light a entering the optical fiber 18.



[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-106942

(P2003-106942A)

(43)公開日 平成15年4月9日(2003.4.9)

(51)Int.Cl.

G 0 1 M 11/02  
G 0 1 J 4/04

識別記号

F I

G 0 1 M 11/02  
G 0 1 J 4/04

テマコト(参考)

K  
Z

審査請求 有 請求項の数 5 O.L (全 10 頁)

(21)出願番号

特願2001-304321(P2001-304321)

(22)出願日

平成13年9月28日(2001.9.28)

(71)出願人 000000572

アンリツ株式会社

東京都港区南麻布5丁目10番27号

(72)発明者 岩崎 王亮

東京都港区南麻布五丁目10番27号 アンリツ株式会社内

(74)代理人 100058479

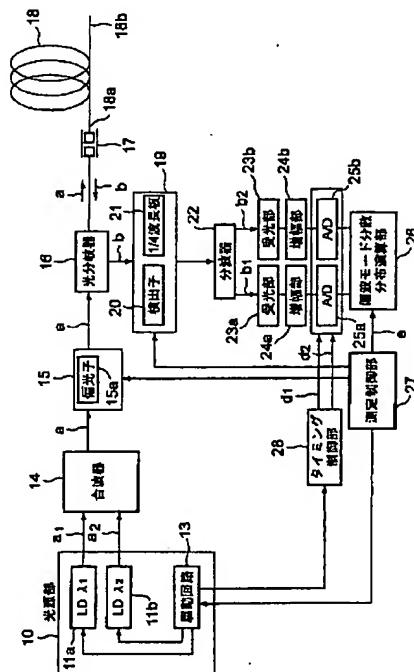
弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

(54)【発明の名称】 偏波モード分散分布測定装置

(57)【要約】

【課題】 光ファイバ18内の各位置Lの偏波モード分散PMDを効率的に測定する。

【解決手段】 光ファイバ18内に発生する後方散乱光bを利用して光ファイバ18内の各位置Lを伝搬する光aの情報を得ている。さらに、互いに異なる波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ を有するパルス状の複数の光 $a_1$ 、 $a_2$ を一定の測定周期T<sub>d</sub>で出射する光源部10と、光源部から出射された各光 $a_1$ 、 $a_2$ を一つの光aに合波する合波器14とを採用して、光ファイバ18に入射する光aに対して、一つの測定周期T<sub>d</sub>内で波長の異なる複数の光パルス $a_1$ 、 $a_2$ を組むようにしている。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】互いに異なる波長を有するパルス状の複数の光を所定の測定周期( $T_s$ )で出射する光源部(10)と、

該光源部から出射された各光を合波する合波器(14)と、

該合波器で合波された光を異なる3つの偏波面にそれぞれ選択的に偏光して測定対象光ファイバ(18)に入射させる偏光器(15)と、

前記測定対象光ファイバから出射される後方散乱光(b)を受光して該後方散乱光の $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 及び円の各検光成分を選択的に抽出可能にされた検光器(19)と、

該検光器から出射された各検光成分を前記複数の元の異なる波長の光に分波する分波器(22)と、

該分波器で分波された各光を受光して光強度に対応した信号に変換する複数の受光部(23a、23b)と、

該複数の受光部から出力された信号をデジタルのデータに変換する複数のA/D変換器(25a、25b)と、該複数のA/D変換器からそれぞれ出力される各データに基づいて、前記測定対象光ファイバの各位置(L)における偏波モード分散(PMD)を算出する偏波モード分散分布算出部(26)と、

前記偏光状態と検光状態との合計12個の組合せを前記測定周期毎に前記偏光器及び検光器へ順次指示すると共に、この合計12個の組合せの指示後に前記偏波モード分散分布算出部へ偏波モード分散の算出を指示する測定制御部(27)とを備えた偏波モード分散分布測定装置。

【請求項2】前記光源部は、互いに異なる波長を有するパルス状の複数の光を、前記測定周期内において時間をずらせて出射することを特徴とする請求項1記載の偏波モード分散分布測定装置。

【請求項3】前記光源部は、互いに異なる波長を有するパルス状の複数の光を、同一タイミングで出射することを特徴とする請求項1記載の偏波モード分散分布測定装置。

【請求項4】前記光源部は、互いに異なる波長を有するパルス状の2つ光を出射することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項記載の偏波モード分散分布測定装置。

【請求項5】互いに異なる波長を有し、かつ時間的にずれたパルス状の複数の光を所定の測定周期( $T_s$ )で出射する波長可変光源部(30)と、該波長可変光源部から出射された光を外部指示に基づいて異なる3つの偏波面にそれぞれ選択的に偏光して測定対象光ファイバ(18)に入射させる偏光器(15)と、

前記測定対象光ファイバから出射される後方散乱光(b)を受光して該後方散乱光の $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 及び円の各検光成分を選択的に抽出可能にされた検光器(19)と、

該検光器から出射された各検光成分を前記各波長の光に分波する分波器(22)と、

該分波器で分波された各光を受光して光強度に対応した

信号に変換する複数の受光部(23a、23b)と、前記測定周期の開始時刻から一定の時間間隔( $t_s$ )で前記複数の受光部から出力された信号をデジタルのデータに変換する複数のA/D変換器(25a、25b)と、

該複数のA/D変換器からそれぞれ出力される各データに基づいて、前記測定対象光ファイバの各位置(L)における偏波モード分散(PMD)を算出する偏波モード分散分布算出部(26)と、

前記偏光状態と検光状態との合計12個の組合せを前記測定周期毎に前記偏光器及び検光器へ順次指示すると共に、この合計12個の組合せの指示後に前記偏波モード分散分布算出部へ偏波モード分散の算出を指示する測定制御部(27)とを備えた偏波モード分散分布測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバにおける偏波モード分散PMDの測定に係わり、特に、光ファイバにおける一端から他端までの各位置における偏波モード分散PMDを測定する偏波モード分散分布測定装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】伝送媒体として光ファイバを用いる光通信システムにおいては、光パルス信号が光ファイバ内を伝送される過程で減衰したり、波形が乱れるので、例えば $120\sim150\text{ km}$ 毎に中継器を設置している。各中継器においては、入射した光パルス信号を電気信号に変換して、増幅し、さらに波形整形して、再度光パルス信号に変換して光ファイバに出射する。

【0003】しかし、近年、光ファイバ内を伝送される光パルス信号を直接増幅する光増幅器が実用化され、前述した中継器の代りに、採用されてきた。この光増幅器を用いることによって、例えば、 $10000\text{ km}$ に及ぶ距離を、中継器を使用せずに光パルス信号の通信が可能となった。しかし、光増幅器は光パルス信号を増幅する機能を有しているが、光パルス信号に対する波形整形機能を有していない。

【0004】長距離の光ファイバを伝送中の光パルス信号波形が乱れる大きな原因是、雑音の他に、光ファイバ自体が有する偏波モード分散がある。この偏波モード分散(Polarization Mode Dispersion)を説明する。図9(a)に示すように、光ファイバ内を伝送される光パルス信号の互いに直交する光成分2a、2bの伝送速度に差が生じる。この伝送速度の差は、該当光ファイバを変形したり、屈折したりすることに起因して、光ファイバの断面内において屈折率に差が生じるからである。

【0005】したがって、光パルス信号が光ファイバ内を伝送される過程において、直交する光成分2a、2bに位相差 $\Delta\phi$ 、又は光成分2a、2b相互間の遅延時

間 $\Delta\tau$ が生じる。その結果、図9(b)に示すように、光パルス信号2の全体のパルス幅Wが光ファイバ1内を伝送される過程において広がり、光成分2a、2bの位相差 $\Delta\phi$ が1波長分( $\Delta\phi = 2\pi$ )になった時点で、光パルス信号2の全体のパルス幅Wが2倍(2W)となる。光パルス信号2のパルス幅Wが拡大することは、光ファイバ1に印加する光パルス信号2の周波数が制限されるという不都合が生じる。

【0006】したがって、光通信システムに使用される光ファイバ1における偏波モード分散PDMを測定することは非常に重要なことである。具体的には、光ファイバ1の一端1aから入射した光パルス信号2が他端1bに達した時点で、光成分2a、2b相互間に生じる遅延時間 $\Delta\tau$ 又は位相差 $\Delta\phi$ を測定して、確認する必要がある。

【0007】この光ファイバ1における偏波モード分散PDMのジョーンズマトリックス(JMM)法を用いた一般的な測定手順を図10を用いて説明する。このジョーンズマトリックス法においては、光ファイバ1の一端1aに試験用の光パルス信号3aを入射して、光ファイバ1内を伝送されて光ファイバ1の他端1bに出力される試験用の光パルス信号3bを受光する。

【0008】そして、光ファイバ1の一端1aに印加する試験用の光パルス信号3aの偏光状態を基準軸に対して $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ の3つの偏光状態に設定して、光ファイバ1の他端1bで受光する光パルス信号3bの検光状態を、 $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 、円(円偏光)の4種類に設定する。そして、入射側の $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ の各偏光状態毎に、4種類の検光状態で光パルス信号3bの光強度を測定する。

【0009】したがって、合計12種類の組合せて、測定を実施する。各偏光状態の光パルス信号3aの光強度(入射光強度)を $X_{00}$ 、 $X_{45}$ 、 $X_{90}$ (=[X])とし、各検光状態の光パルス信号3bの光強度(出射光強度)を $Y_{00}$ 、 $Y_{45}$ 、 $Y_{90}$ 、 $Y_r$ (=[Y])とすると、(1)式が求まる。

【0010】

$$[Y] = [S] [X] \quad \dots(1)$$

式中、[S]は、入力側の光強度 $X_{00}$ 、 $X_{45}$ 、 $X_{90}$ (=[X])と出力側の光強度 $Y_{00}$ 、 $Y_{45}$ 、 $Y_{90}$ 、 $Y_r$ (=[Y])との関係を示すストークスのパラメータ[S]と称する。ストークスのパラメータ[S]が求まると、このストークスのパラメータ[S]から、各出力光(各検光状態)のジョーンズベクトル $J_{00}$ 、 $J_{45}$ 、 $J_{90}$ 、 $J_r$ を求める。さらに、この各ジョーンズベクトル $J_{00}$ 、 $J_{45}$ 、 $J_{90}$ 、 $J_r$ から一つのジョーンズマトリックスTを求める。

【0011】以上説明したジョーンズマトリックスT

を入射する光パルス信号3aの波長を微少波長 $\Delta\lambda$ だけ変更して、同一計算手法で求める。すなわち、2種類の波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ におけるジョーンズマトリックスT( $\lambda_1$ )、T( $\lambda_2$ )を求める。この2つのマトリックス値T( $\lambda_1$ )、T( $\lambda_2$ )から光ファイバ1の他端1bにおける光成分2a、2b相互間に生じる遅延時間 $\Delta\tau$ 又は位相差 $\Delta\phi$ からなる偏波モード分散PDMが求まる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した手順で光ファイバの偏波モード分散PDMを測定する手法においてはまだ改良すべき次のような課題があった。

【0013】すなわち、試験用の光パルス信号3aを入射するための3種類の偏光状態と、光パルス信号3bを取出すための4種類の検光状態との合計12種類の測定条件に加えて、2種類の波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ のデータが必要であるので、合計、24回の測定を実施しなければならない。したがって、測定作業時間が大幅に増大する。

【0014】また、図10に示した手法においては、測定対象の光ファイバ1における他端1bにおける偏波モード分散PDMのみしか測定できない。例えば1000kmを越える長距離の光ファイバ1においては、途中で種々の変形や応力が印加されると考えられる。このような位置においては、偏波モード分散PDMが急激に変化すると考えられるが、光ファイバ1内の中途位置で発生するこれらの偏波モード分散PDMの変化を把握する術がなかった。

【0015】本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、光ファイバ内に発生する後方散乱光を利用することによって、光ファイバ内の各位置における偏波モード分散を測定できると共に、測定処理時間を大幅に短縮できる偏波モード分散分布測定装置を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記課題を解消するため、本発明の偏波モード分散分布測定装置は、互いに異なる波長を有するパルス状の複数の光を所定の測定周期で出射する光源部と、光源部から出射された各光を合波する合波器と、合波器で合波された光を異なる3つの偏波面にそれぞれ選択的に偏光して測定対象光ファイバに入射させる偏光器と、測定対象光ファイバから出射される後方散乱光を受光して該後方散乱光の $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 及び円の各検光成分を選択的に抽出可能にされた検光器と、検光器から出射された各検光成分を複数の元の異なる波長の光に分波する分波器と、分波器で分波された各光を受光して光強度に対応した信号に変換する複数の受光部と、複数の受光部から出力された信号をデジタルのデータに変換する複数のA/D変換器と、複数のA/D変換器からそれぞれ出力される各データに基づい

て、測定対象光ファイバの各位置における偏波モード分散を算出する偏波モード分散分布算出部とを備えている。

【0017】このように構成された偏波モード分散分布測定装置においては、測定制御部が、ジョーンズマトリックス（JMM）法を用いた場合に採用される偏光状態と検光状態との合計12個の組合せを測定周期毎に偏光器及び検光器へ順次指示する。さらに、この各測定周期内に互いに異なる波長を有するパルス状の複数の光を測定対象の光ファイバへ印加される。したがって、必要な測定回数が従来の24回か半分の12回に低下した。その結果、測定処理時間を大幅に短縮できる。

【0018】また、測定対象光ファイバの一端から入射した光を、他端側で検出するのではなくて、一端側から出力される後方散乱光で検出している。後方散乱光は、測定対象光ファイバ内の各位置における反射光であるので、等価的に各位置での光状態を検出できる。厳密には、一端で受信した後方散乱光は2倍の経路を伝送されるので、受信レベルを補正する必要がある。この各位置での光状態と一端での光状態から測定対象光ファイバ内の各位置における偏波モード分散PDMが求まる。

【0019】また、別の発明は、上述した発明の偏波モード分散分布測定装置において、光源部は、互いに異なる波長を有するパルス状の複数の光を、測定周期内において時間をずらせて出射する。

【0020】また、別の発明は、上述した発明の偏波モード分散分布測定装置において、光源部は、互いに異なる波長を有するパルス状の複数の光を、同一タイミングで出射する。

【0021】また、別の発明は、上述した発明の偏波モード分散分布測定装置において、光源部は、互いに異なる波長を有するパルス状の2つ光を出射する。

【0022】さらに、別の発明の偏波モード分散分布測定装置においては、互いに異なる波長を有し、かつ時間的にずれたパルス状の複数の光を所定の測定周期で出射する波長可変光源部と、波長可変光源部から出射された光を外部指示に基づいて異なる3つの偏波面にそれぞれ選択的に偏光して測定対象光ファイバに入射させる偏光器と、測定対象光ファイバから出射される後方散乱光を受光して該後方散乱光の0°、45°、90°及び円の各検光成分を選択的に抽出可能にされた検光器と、検光器から出射された各検光成分を各波長の光に分波する分波器と、分波器で分波された各光を受光して光強度に対応した信号に変換する複数の受光部と、測定周期の開始時刻から一定の時間間隔で複数の受光部から出力された信号をデジタルのデータに変換する複数のA/D変換器と、複数のA/D変換器からそれぞれ出力される各データに基づいて、測定対象光ファイバの各位置における偏波モード分散（PMD）を算出する偏波モード分散分布算出部と、偏光状態と検光状態との合計12個の組合せ

を測定周期毎に偏光器及び検光器へ順次指示すると共に、この合計12個の組合せの指示後に偏波モード分散分布算出部へ偏波モード分散の算出を指示する測定制御部とを備えている。

【0023】このように構成された偏波モード分散分布測定装置においては、互いに波長が異なりかつ時間的にずれた複数のパルス波形を有する光を出射する波長可変光源部を採用しているので、合波器が必要でなく、装置全体の簡素化を図ることができる。

#### 【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の各実施形態を図面を用いて説明する。

(第1実施形態) 図1は本発明の第1実施形態に係る偏波モード分布測定装置の概略構成図である。光源部10内には、図2に示すように、パルス幅Wを有する波長入<sub>1</sub>の光パルスa<sub>1</sub>を一定の測定周期T<sub>s</sub>で出射する半導体レーザ11aと、パルス幅Wを有する波長入<sub>2</sub>の光パルスa<sub>2</sub>を一定の測定周期T<sub>s</sub>で出射する半導体レーザ11bとが組込まれている。各半導体レーザ11a、11bから出射される各光パルスa<sub>1</sub>、a<sub>2</sub>のパルス幅W、測定周期T<sub>s</sub>、各光パルスa<sub>1</sub>、a<sub>2</sub>の出射タイミングのずれ量t<sub>s</sub>は駆動回路13にて駆動制御される。駆動回路13は、それぞれ測定周期T<sub>s</sub>の各開始時刻になると、タイミング制御部28へ変換開始タイミング信号d<sub>1</sub>、d<sub>2</sub>を送出する。

【0025】光源部10から微少時間t<sub>s</sub>だけずれて出射された各光パルスa<sub>1</sub>、a<sub>2</sub>は次の合波器14で一つの光aに合波されて、次の偏光子15aが組込まれた偏光器15へ入射される。この偏光器15は、測定制御部27からの指示に基づいて、偏光子15aの角度を調整して、入射した光aを基準方向に対する0°、45°、90°の各偏光状態に制御する。

【0026】偏光器15で偏光方向が0°、45°、90°のなかの1つに制御された光aは、光分岐器16をそのまま通過して、コネクタ17を介して測定対象の光ファイバ18の一端18aへ入射される。一端18aから入射された光aは光ファイバ18内を他端18b方向へ伝送される。光aが光ファイバ18内を伝送される過程で、後方散乱光bが主じる。この後方散乱光bは、光ファイバ18の一端18aから出射されて、コネクタ17を介して光分岐器16へ入射される。後方散乱光bは光分岐器16で分岐されて検光器19へ入射される。

【0027】この検光器19内には検光子20と1/4波長版21が組込まれている。検光器19は、測定制御部27からの指示に基づいて、検光子20の角度を調整するか1/4波長版21を選択して、入射された後方散乱光bの基準方向に対する0°、45°、90°の検光方向、又は円偏光（検光）の光成分を抽出する。

【0028】検光器19で抽出された後方散乱光bの各検光方向の光成分は、次の分波器22で、それぞれ元の

波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 成分を有した2つの後方散乱光 $b_1$ 、 $b_2$ に分波する。

【0029】分波器22で分波された各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 成分を有した各後方散乱光 $b_1$ 、 $b_2$ は、それぞれ受光部23a、23bで光強度に対応した信号に変換され、各增幅部24a、24bで所定レベルに増幅されたのち、各A/D変換器25a、25bへ入力される。

【0030】各A/D変換器25a、25bは、図2に示すように、タイミング制御部28からの各変換開始タイミング信号 $d_1$ 、 $d_2$ が入力すると一定の時間間隔 $t_d$ のクロックに同期して、入力された各信号をデジタルの各データ値 $D\lambda_{11}$ 、 $D\lambda_{12}$ 、 $D\lambda_{13}$ 、…、 $D\lambda_{21}$ 、 $D\lambda_{22}$ 、 $D\lambda_{23}$ 、…に変換する。各A/D変換器25a、25bで変換された各データ値 $D\lambda_{11}$ 、 $D\lambda_{12}$ 、 $D\lambda_{13}$ 、…、 $D\lambda_{21}$ 、 $D\lambda_{22}$ 、 $D\lambda_{23}$ 、…は、次の偏波モード分散分布算出部26へ入力される。したがって、この各データ値 $D\lambda_{11}$ 、 $D\lambda_{12}$ 、 $D\lambda_{13}$ 、…、 $D\lambda_{21}$ 、 $D\lambda_{22}$ 、 $D\lambda_{23}$ 、…は、測定対象の光ファイバ18における各位置L（一端18aからの各距離位置 $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、…）における光パルスの光強度Yとなる。

【0031】例えば、小型の計算機からなる偏波モード分散分布算出部26は、各A/D変換器25a、25bから入力された24種類の各測定条件（偏光状態、検光状態、波長状態の組合せ）における各データ値 $D\lambda_{11}$ 、 $D\lambda_{12}$ 、 $D\lambda_{13}$ 、…、 $D\lambda_{21}$ 、 $D\lambda_{22}$ 、 $D\lambda_{23}$ 、…を一旦記憶して、測定制御部27からの算出指示eに基づいて、測定対象の光ファイバ18内の一端からの各距離位置 $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、…における、例えば光成分2a、2b相互間に生じる遅延時間 $\Delta\tau$ 又は位相差 $\Delta\phi$ からなる偏波モード分散PDM<sub>1</sub>、PDM<sub>2</sub>、PDM<sub>3</sub>、…を算出する。

【0032】具体的には、光源部10から一方の单一波長 $\lambda_1$ の光パルス $a_1$ を射出した時における偏光器15を $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ の3つの偏光状態（A=1～3）に設定した場合の偏光器15の各電気信号に変換した場合の各光信号X001、X451、X901（=[X]1）が予め測定されて記憶部に記憶保持されている。同様に、光源部10から他方の单一波長 $\lambda_2$ の光パルス $a_2$ を射出した時における偏光器15を $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ の3つの偏光状態（A=1～3）に設定した場合の偏光器15の各電気信号に変換した場合の各光信号X002、X452、X902（=[X]2）が予め測定されて記憶部に記憶保持されている。

【0033】そして、各距離位置 $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、…における各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の各12種類のデータ値 $D\lambda_{11}$ （=[Y]1）、 $D\lambda_{12}$ （=[Y]2）から、前述した(1)式を満たす各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 毎のストークスのパラメータ $[S]_1$ 、 $[S]_2$ を算出する。各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 毎のストークスのパラメータ $[S]_1$ 、 $[S]_2$ が求まると、この各ストークスのパラメータ

$[S]_1$ 、 $[S]_2$ から、各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 毎の出力光（各検光状態）のジョーンズベクトル $J_{11}$ 、 $J_{12}$ 、 $J_{21}$ 、 $J_{22}$ を求める。さらに、この各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 毎のジョーンズベクトル $J_{11}$ 、 $J_{12}$ 、 $J_{21}$ 、 $J_{22}$ から各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 毎にそれぞれ一つのジョーンズマトリックス $T$ （ $\lambda_1$ ）、 $T$ （ $\lambda_2$ ）を求める。この各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 毎のマトリックス値 $T$ （ $\lambda_1$ ）、 $T$ （ $\lambda_2$ ）から、測定対象の光ファイバ18の該当距離位置Lにおける光成分2a、2b相互間に生じる遅延時間 $\Delta\tau$ 又は位相差 $\Delta\phi$ からなる偏波モード分散PMDを算出する。

【0034】一つの距離位置Lにおける偏波モード分散PMDが求まるとき、同様な手順で各距離位置における偏波モード分散PMDを算出する。

【0035】このようにして、測定対象の光ファイバ18の一端18aからの各距離位置 $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、…における各偏波モード分散PMD<sub>1</sub>、PMD<sub>2</sub>、PMD<sub>3</sub>、…を算出する。図4は、算出された偏波モード分散PMDの光ファイバ18内の分布特性の一例を示す図である。

【0036】コンピュータからなる測定制御部27は、この偏波モード分散分布PMD測定の開始に先立って、光源部10の駆動回路13に対して、各光パルス $a_1$ 、 $a_2$ の幅W、測定周期T<sub>s</sub>、各光パルス $a_1$ 、 $a_2$ の出射タイミングのずれ量 $t_d$ を設定する。

【0037】測定制御部27は、以上の準備処理が終了すると、 $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ の3つの偏光状態と、 $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 、円（偏光）の4つの検光状態との合計12個の組合せを測定周期T<sub>s</sub>毎に偏光器15及び検光器19へ順次指示すると共に、この合計12個の組合せの指示後に偏波モード分散分布算出部26へ偏波モード分散の算出指示eを送出する。

【0038】この測定制御部27における詳細動作を図3の流れ図を用いて説明する。まず、偏光状態と検光状態との定義を行う。図3に示すように、偏光状態A=1を $0^\circ$ 偏光とし、偏光状態A=2を $45^\circ$ 偏光とし、偏光状態A=3を $90^\circ$ 偏光とする。また、検光状態B=1を $0^\circ$ 検光とし、偏光状態B=2を $45^\circ$ 検光とし、偏光状態B=3を $90^\circ$ 検光とし、B=4を $1/4$ 波長板を用いた円検光（偏光）とする。

【0039】処理が開始されると、S（ステップ）1にて、光ファイバ18へ入射する光aに対する偏光器15の偏光状態を初期化する（A=1）。そして、偏光器15の偏光状態をAに設定する（S2）。次に、S3にて、光ファイバ18から出力される後方散乱光bに対する検光器19の検光状態を初期化する（B=1）。そして、検光器19の検光状態をBに設定する（S4）。

【0040】次に、光源部10の駆動回路13へ光パルス $a_1$ 、 $a_2$ の出力指示を送出する（S5）。すると、光源部10から図2に示すように、パルス幅Wで微少時

間 $t_s$ だけ出力タイミングがずれた一対の光パルス $a_1, a_2$ が出力される。一対の光パルス $a_1, a_2$ が出力されると、駆動回路13から各A/D変換器25a, 25bへ変改開始指令 $d_1, d_2$ が送出される。その結果、一定時間間隔 $t_d$ のクロックに同期して、各A/D変換器25a, 25bから各データ値 $D\lambda_{11}, D\lambda_{12}, D\lambda_{13}, \dots, D\lambda_{21}, D\lambda_{22}, D\lambda_{23}, \dots$ が出力開始される。

【0041】測定制御部27は、偏波モード分散分布演算部26に対して、各波長 $\lambda_1, \lambda_2$ に対する各データ値 $D\lambda_{11}, D\lambda_{12}, D\lambda_{13}, \dots, D\lambda_{21}, D\lambda_{22}, D\lambda_{23}, \dots$ の読み取り指示 $e$ を送出する(S6)。その結果、偏波モード分散分布演算部26は、偏光状態Aと検光状態Bとの組合せ[A B]からなる一つの測定条件における各波長 $\lambda_1, \lambda_2$ に対する各データ値 $D\lambda_{11}, D\lambda_{12}, D\lambda_{13}, \dots, D\lambda_{21}, D\lambda_{22}, D\lambda_{23}, \dots$ の読み取りを開始する。

【0042】そして、一対の光パルス $a_1, a_2$ の出力開始時刻から測定周期(期間) $T_s$ が経過すると(S7)、一つの測定条件に対する後方散乱光 $b_1, b_2$ に対する測定処理が終了したと判断して、S8にて、後方散乱光 $b$ に対する検光状態を更新する( $B = B + 1$ )。

【0043】そして、更新後の検光状態Bが4を越えていない場合は(S9)、S4へ戻り、更新後の検光状態Bを用いた測定条件に対する後方散乱光 $b_1, b_2$ に対する測定処理を開始する。

【0044】S9にて、更新後の検光状態Bが4を超えた場合は、一つの偏光状態に対する検光状態を変更した4回の測定処理が終了したので、S10にて、光ファイバ18に入射する光 $a$ に対する偏光状態を更新する( $A = A + 1$ )。

【0045】そして、更新後の偏光状態Aが3を越えていない場合は(S11)、S2へ戻り、更新後の偏光状態Aを用いた測定条件に対する後方散乱光 $b_1, b_2$ に対する測定処理を開始する。

【0046】S11にて、更新後の偏光状態Aが3を超えた場合は、3つの偏光状態Aと4つの検光状態Bとの合計12個の組合せ[A B]に対する各波長 $\lambda_1, \lambda_2$ に対する各データ値 $D\lambda_{11}, D\lambda_{12}, D\lambda_{13}, \dots, D\lambda_{21}, D\lambda_{22}, D\lambda_{23}, \dots$ の読み取り処理が終了したので、偏波モード分散分布演算部26に対して、測定対象の光ファイバ18の各位置 $L$ における偏波モード分散PMD<sub>1</sub>, PMD<sub>2</sub>, PMD<sub>3</sub>, …の算出指示 $e$ を出力する。

【0047】偏波モード分散分布算出部26は、測定制御部27から偏波モード分散の算出指示 $e$ が入力すると、前述した手順で測定対象の光ファイバ18の一端18aからの各距離位置 $L_1, L_2, L_3, \dots$ における各偏波モード分散PMD<sub>1</sub>, PMD<sub>2</sub>, PMD<sub>3</sub>, …を算出する。そして、算出結果を出力する。

【0048】このように構成された偏波モード分散測定

装置においては、光源部10から出力され、合波器14及び偏光器15を経由し、測定対象の光ファイバ18の一端18aから入射した光 $a$ を、他端18bで検出するのではなくて、一端18a側から出力される後方散乱光 $b$ で検出している。

【0049】後方散乱光 $b$ は、測定対象の光ファイバ18内の各距離位置 $L_1, L_2, L_3, \dots$ における反射光であるので、等価的に各位置での光状態を検出できる。そして、各距離位置 $L_1, L_2, L_3, \dots$ における後方散乱光 $b$ の各測定条件における各データ値 $D\lambda_{11}, D\lambda_{12}, D\lambda_{13}, \dots, D\lambda_{21}, D\lambda_{22}, D\lambda_{23}, \dots$ を読み取り、これらのデータ値を用いて、測定対象の光ファイバ18内の各距離位置 $L_1, L_2, L_3, \dots$ における各偏波モード分散PMD<sub>1</sub>, PMD<sub>2</sub>, PMD<sub>3</sub>, …を求めている。したがって、測定対象の光ファイバ18の偏波モード分散PMDをより詳細に測定できる。

【0050】また、測定制御部27は、ジョーンズマトリックス(JMM)法を用いた場合に採用される偏光器15の3つの偏光状態と検光子19の4つの検光状態との合計12個の組合せを測定周期 $T_s$ 毎に偏光器15及び検光器19へ順次指示している。さらに、この各測定周期 $T_s$ 内に互いに異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2$ を有し、出射タイミングが微少時間 $t_s$ だけずれた一対の光パルス $a_1, a_2$ が合波された光 $a$ が測定対象の光ファイバ18へ印加される。そして、後方散乱光 $b$ を分波器22で元の各波長 $\lambda_1, \lambda_2$ を有する二つの後方散乱光 $b_1, b_2$ に分離している。

【0051】したがって、互いに異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2$ の光に対する演算を同一の測定周期 $T_s$ 内で実施できるので、必要な測定回数が従来の24回から半分の12回に低下した。その結果、偏波モード分散PMDの測定処理時間を大幅に短縮できる。

【0052】(第2実施形態)図1に示した第1実施形態装置においては、光源部10から出力される一対の光パルス $a_1, a_2$ は、出射タイミングが微少時間 $t_s$ だけずれるように制御した。しかし、図5に示すように、各光パルス $a_1, a_2$ の出射タイミングを同時に制御することも可能である。

【0053】(第3実施形態)図6は本発明の第3実施形態に係る偏波モード分布測定装置の概略構成図である。図1に示す第1実施形態の偏波モード分布測定装置と同一部分には同一符号が付されている。したがって、重複する部分の詳細説明を省略する。

【0054】この第3実施形態装置において、光源部10内には、それぞれ異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ を有する光パルス $a_1, a_2, \dots, a_n$ を出射するN(N>3)台の半導体レーザ11a, 11b, …, 11nが組込まれている。合波器14はN個の光パルス $a_1, a_2, \dots, a_n$ を一つの光 $a$ に合波する。

【0055】合波器14で合成された光 $a$ は、偏光器1

5、光分岐器16を介して測定対象の光ファイバ18へ入射される。光ファイバ18の後方散乱光bは、光分岐器16及び検光器19を介して分波器22aへ入射される。分波器22aは、入射した後方散乱光bを、それぞれ元の波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、…、 $\lambda_n$ 成分を有したN個の後方散乱光 $b_1$ 、 $b_2$ 、…、 $b_n$ に分波する。

【0056】分波器22aで分岐された各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、…、 $\lambda_n$ 成分を有した各後方散乱光 $b_1$ 、 $b_2$ 、…、 $b_n$ は、それぞれ受光部23a、23b、…、23nで光強度に対応した信号に変換されたのち、A/D変換器25a、25b、…、25nへ入力される。

【0057】各A/D変換器25a、25b、…、25nは、タイミング制御部28からの各変換開始タイミング信号 $d_1$ 、 $d_2$ 、…、 $d_n$ が入力すると一定の時間間隔 $t_d$ で、入力された各信号をデジタルの各データ値D $\lambda_{11}$ 、D $\lambda_{12}$ 、D $\lambda_{13}$ 、…、D $\lambda_{21}$ 、D $\lambda_{22}$ 、D $\lambda_{23}$ 、…、D $\lambda_{n1}$ 、D $\lambda_{n2}$ 、D $\lambda_{n3}$ 、…に変換する。各A/D変換器25a、25b、…、25nで変換された各データ値D $\lambda_{11}$ 、D $\lambda_{12}$ 、D $\lambda_{13}$ 、…、D $\lambda_{21}$ 、D $\lambda_{22}$ 、D $\lambda_{23}$ 、…、D $\lambda_{n1}$ 、D $\lambda_{n2}$ 、D $\lambda_{n3}$ 、…は、次の偏波モード分散分布算出部26へ入力される。

【0058】偏波モード分散分布算出部26は、測定制御部27から指定されたN個の波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、…、 $\lambda_n$ のうちの任意の一対の波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ の組合せを用いて、測定対象の光ファイバ18の各距離位置Lに対する偏波モード分散PMDの演算処理を実施する。

【0059】このように構成された偏波モード分散分布測定装置においては、測定制御部27が、互いに波長領域が異なる複数対の波長を順次選択して、偏波モード分散分布算出部26に指示することによって、図7(a)に示すように、光ファイバ18における各波長入における偏波モード分散PMDが算出され、偏波モード分散PMMの波長特性を得ることができる。

【0060】さらに、一対の波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ を近接した波長どうしの組合せのみではなくて、図7(b)に示すように、任意の波長どうしの組合せに対する偏波モード分散PMDを測定することができる。

【0061】このように、この第3実施形態の偏波モード分散分布測定装置においては、測定対象の光ファイバ18の偏波モード分散PMDにおける種々の波長特性を得ることができる。

【0062】(第4実施形態)図8は本発明の第4実施形態に係る偏波モード分布測定装置の概略構成図である。図1に示す第1実施形態の偏波モード分布測定装置と同一部分には同一符号が付されている。したがって、重複する部分の詳細説明を省略する。

【0063】この第3実施形態装置においては、図1の第1実施形態装置における光源部10の代りに波長可変光源部30を設け、合波器14を除去している。波長可変光源部30内には、駆動回路13aにて発振波長入が

所定の波長範囲で任意に可変設定される半導体レーザ31が組まれている。

【0064】そして、測定制御部27が駆動回路13aに、互いに波長が異なりかつ時間的にずれた複数のパルス波形を有する光の出射指令を送出すると、波長可変光源部30から、図2(a)に示した、測定周期T<sub>s</sub>内において、同一パルス幅Wを有し、波長入が互いに異なり、かつ発生時刻が微少時間t<sub>s</sub>だけずれた一対のパルス波形を有した一つの光aが射出される。この波長可変光源部30から射出された一つの光aはそのまま偏光器15へ入射される。それ以降の動作は、図1の第1実施形態装置と同じである。

【0065】したがって、先に説明した第1実施形態の偏波モード分散分布測定装置とほぼ同様の作用効果を奏することができる。さらに、この実施形態装置においては、合波器を用いる必要がない。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の偏波モード分散分布測定装置においては、光ファイバ内に発生する後方散乱光を利用して光ファイバ内の各位置を伝搬する光の情報を得ている。さらに、光ファイバに入射する光に対して、一つの測定周期内で波長の異なる複数の光パルスを組込むようにしている。したがって、光ファイバ内の各位置における偏波モード分散PMDを測定できると共に、測定処理時間を大幅に短縮できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る偏波モード分散分布測定装置の概略構成を示す図

【図2】同第1実施形態の偏波モード分散分布測定装置の測定動作を示すタイムチャート

【図3】同第1実施形態の偏波モード分散分布測定装置に組込まれた測定制御部の動作を示す流れ図

【図4】同第1実施形態の偏波モード分散分布測定装置で測定された偏波モード分散の特性を示す図

【図5】本発明の第2実施形態に係る偏波モード分散分布測定装置における光源部から射出される光の波形を示す図

【図6】本発明の第3実施形態に係る偏波モード分散分布測定装置の概略構成を示す図

【図7】同第3実施形態の偏波モード分散分布測定装置で測定された偏波モード分散の波長特性を示す図

【図8】本発明の第4実施形態に係る偏波モード分散分布測定装置の概略構成を示す図

【図9】偏波モード分散を説明するための図

【図10】ジョーンズマトリックス法を用いた偏波モード分散の測定原理を説明するための図

【符号の説明】

10…光源部

11a、11b、11n…半導体レーザ

13、13a…駆動回路

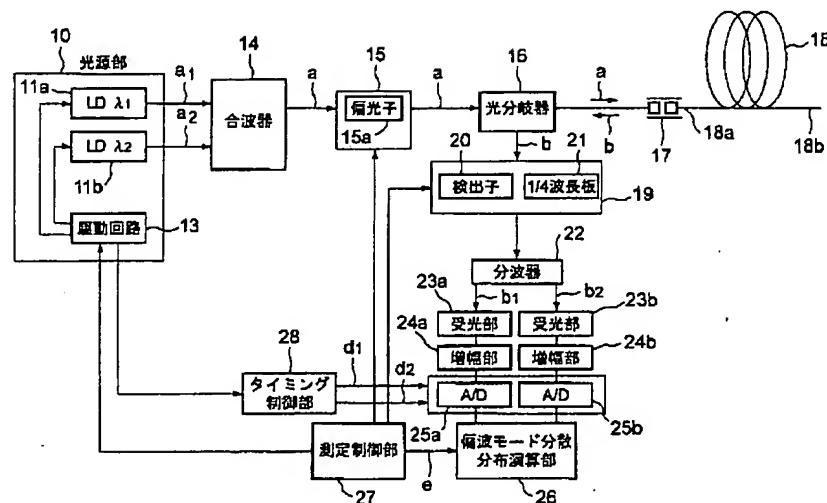
13

- 14…合波器  
 15…偏光器  
 16…光分歧器  
 18…光ファイバ  
 19…検光器  
 22, 22a…分波器  
 23a, 23b, 23c…受光部

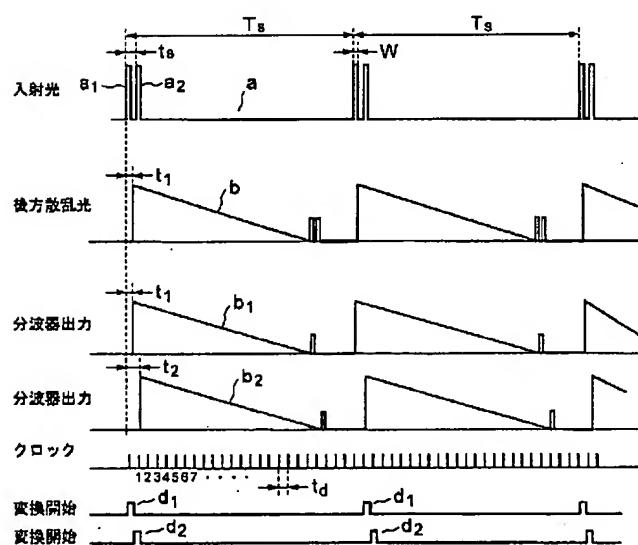
- 14  
 \* 24a, 24b, 24c…增幅部  
 25a, 25b, 25c…A/D変換器  
 26…偏波モード分散分布演算部  
 27…測定制御部  
 28…タイミング制御部  
 30…波長可変光源部

\*

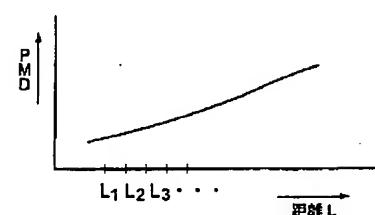
【図1】



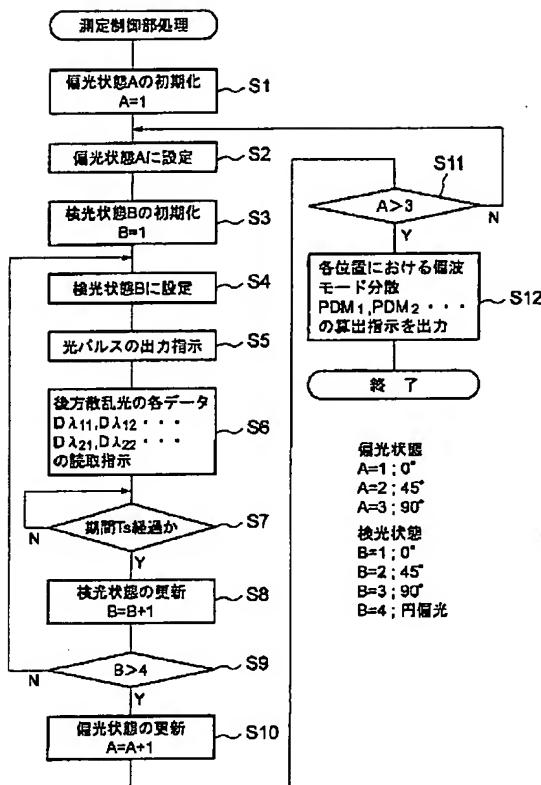
【図2】



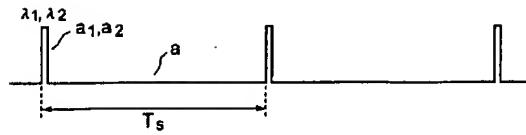
【図4】



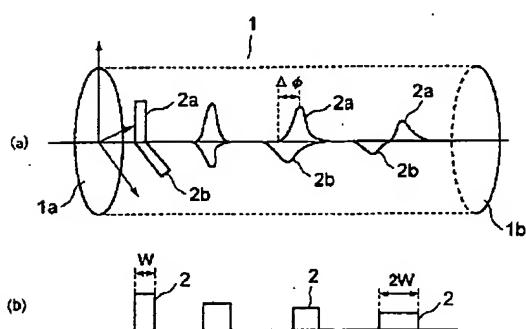
【図3】



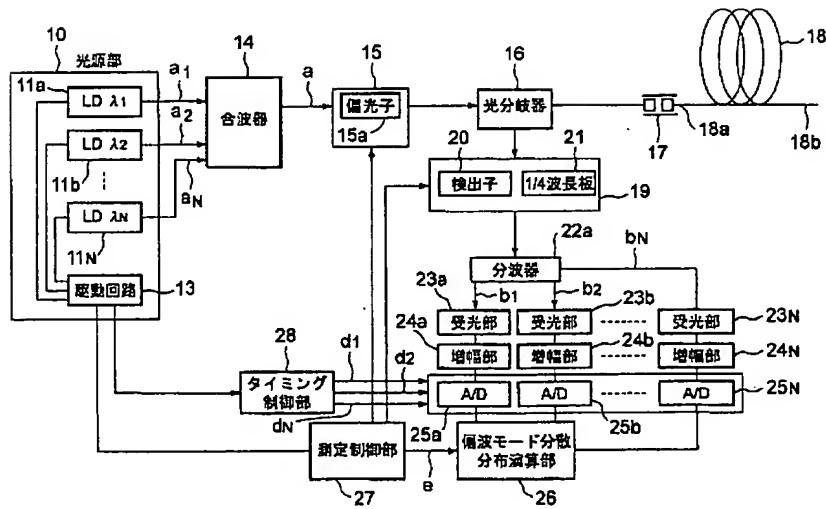
【図5】



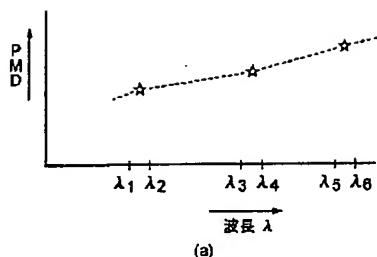
【図9】



【図6】

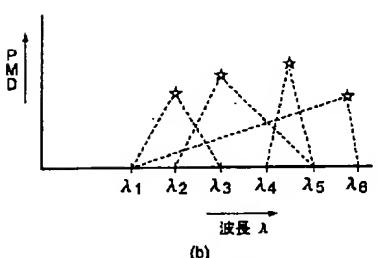
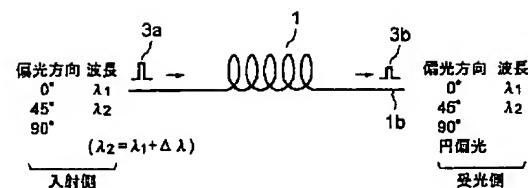


【図7】



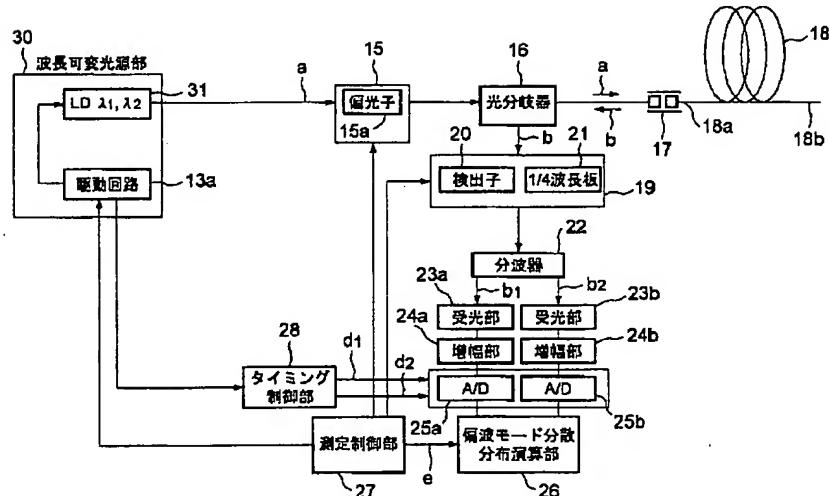
(a)

【図10】



(b)

【図8】



## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] The light source section which carries out outgoing radiation of two or more pulse-like light which has mutually different wavelength by the predetermined measurement cycle (TS) (10), The polariscope which it polarizes [ polariscope ] alternatively to three different plane of polarization, respectively, and carries out incidence of the light it was multiplexed [ light ] with the multiplexing machine (14) which multiplexs each light by which outgoing radiation was carried out from this light source section, and this multiplexing vessel to a measuring object optical fiber (18) (15), The light analysis machine whose extract received the back scattered light (b) by which outgoing radiation is carried out from said measuring object optical fiber, and was alternatively enabled in 0 degree of this back scattered light, 45 degrees, 90 degrees, and each light analysis component of a circle (19), The splitter which separates spectrally each light analysis component by which outgoing radiation was carried out from this light analysis machine into the light of the wavelength from which the origin of said plurality differs (22), Two or more light sensing portions which receive each light separated spectrally with this splitter, and are changed into the signal corresponding to optical reinforcement (23a, 23b), Two or more A/D converters which change into digital data the signal outputted from these two or more light sensing portions (25a, 25b), The polarization mode dispersion distribution measuring device equipped with the polarization mode dispersion distribution calculation section (26) which computes the polarization mode dispersion (PMD) in each location (L) of said measuring object optical fiber based on each data outputted from these two or more A/D converters, respectively.

[Claim 2] Said light source section is a polarization mode dispersion distribution measuring device according to claim 1 characterized by being able to shift time amount and carrying out outgoing radiation of two or more pulse-like light which has mutually different wavelength into said measurement cycle.

[Claim 3] Said light source section is a polarization mode dispersion distribution measuring device according to claim 1 characterized by carrying out outgoing radiation of two or more pulse-like light which has mutually different wavelength to the same timing.

[Claim 4] Said light source section is claim 1 characterized by carrying out outgoing radiation of the pulse-like 2 light which has mutually different wavelength thru/or the polarization mode dispersion distribution measuring device of three given in any 1 term.

[Claim 5] The wavelength adjustable light source section which carries out outgoing radiation of two or more light of the shape of pulse shifted in time [ have mutually different wavelength and ] by the predetermined measurement cycle (TS) (30), The polariscope which it polarizes [ polariscope ] alternatively to three different plane of polarization based on external directions, respectively, and carries out incidence of the light by which outgoing radiation was carried out from this wavelength adjustable light source section to a measuring object optical fiber (18) (15), The light analysis machine whose extract received the back scattered light (b) by which outgoing radiation is carried out from said measuring object optical fiber, and was alternatively enabled in 0 degree of this back scattered light, 45 degrees, 90 degrees, and each light analysis component of a circle (19), The splitter which separates spectrally into the light of each of said wavelength each light analysis component by which outgoing radiation was carried out from this light analysis machine (22), Two or more light sensing portions which receive each light separated spectrally with this splitter, and are changed into the signal corresponding to optical reinforcement (23a, 23b), Two or more A/D converters which change into digital data the signal outputted from said two or more light sensing portions with the fixed time interval (tS) from the start time of said measurement cycle (25a, 25b), The polarization mode dispersion distribution calculation section which computes the polarization mode dispersion (PMD) in each location (L) of said measuring object optical fiber based on each data outputted

from these two or more A/D converters, respectively (26). While carrying out the sequential directions of the combination of a total of 12 pieces of said polarization condition and light analysis condition to said polariscope and a light analysis machine for said every measurement cycle The polarization mode dispersion distribution measuring device equipped with the gauge control section (27) which directs calculation of polarization mode dispersion to said polarization mode dispersion distribution calculation section after these a total of 12 directions of combination.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the polarization mode dispersion distribution measuring device which measures polarization mode dispersion PMD in each location from the end in an optical fiber to the other end especially with respect to measurement of polarization mode dispersion PMD in an optical fiber.

#### [0002]

[Description of the Prior Art] In the optical transmission system using an optical fiber as a transmission medium, since it decreases in the process in which a light pulse signal is transmitted in the inside of an optical fiber or a wave is confused, the repeater is installed every 120-150km, for example. In each repeater, the light pulse signal which carried out incidence is changed into an electrical signal, and is amplified, and it shapes in waveform further, changes into a light pulse signal again, and outgoing radiation is carried out to an optical fiber.

[0003] However, the optical amplifier which amplifies directly the light pulse signal transmitted in the inside of an optical fiber in recent years was put in practical use, and it has been adopted instead of being the repeater mentioned above. By using this optical amplifier, the communication link of a light pulse signal was attained in the distance which amounts to 10000km, without using a repeater. However, although the optical amplifier has the function which amplifies a light pulse signal, it does not have the waveform-shaping function to a light pulse signal.

[0004] The big cause that a light pulse signal wave form while transmitting a long-distance optical fiber is confused has the polarization mode dispersion which the optical fiber other than a noise itself has. This polarization mode dispersion (Polarization Mode Dispersion) is explained. As shown in drawing 9 (a), a difference produces the inside of an optical fiber 1 in the transmission speed of Mitsunari part 2a and 2b which intersect perpendicularly mutually [the light pulse signal transmitted]. It is because it originates in the difference of this transmission speed transforming an applicable optical fiber, or being refracted and a difference arises in a refractive index in the cross section of an optical fiber.

[0005] Therefore, phase contrast  $\Delta\phi$  or Mitsunari part 2a, and time delay  $\Delta\tau$  between 2bs arise in Mitsunari part 2a and 2b and a light pulse signal cross at right angles in the process transmitted in the inside of an optical fiber 1. Consequently, as shown in drawing 9 (b), when breadth, Mitsunari part 2a, and phase contrast  $\Delta\phi$  of 2b become one wave ( $\Delta\phi=2\pi$ ) in the process in which pulse width W of the whole light pulse signal 2 is transmitted in the inside of an optical fiber 1, pulse width W of the whole light pulse signal 2 becomes twice (2W). Un-arranging [that the frequency of the light pulse signal 2 impressed to an optical fiber 1 is restricted] produces that pulse width W of the light pulse signal 2 is expanded.

[0006] Therefore, it is very important to measure polarization mode dispersion PDM in the optical fiber 1 used for an optical transmission system. When the light pulse signal 2 which carried out incidence from end 1a of an optical fiber 1 specifically reaches other end 1b, it is necessary to measure and check time delay  $\Delta\tau$  or phase contrast  $\Delta\phi$  produced Mitsunari part 2a and between 2bs.

[0007] the Jones matrix (JMM) of polarization mode dispersion PDM in this optical fiber 1 — the general measurement procedure using law is explained using drawing 10. In this Jones matrix method, incidence of the light pulse signal 3a for a trial is carried out to end 1a of an optical fiber 1, and light pulse signal 3b for a trial which is transmitted in the inside of an optical fiber 1, and is outputted to other end 1b of an optical fiber 1 is received.

[0008] And the polarization condition of light pulse signal 3a for a trial impressed to end 1a of an optical

fiber 1 is set as three polarization conditions, 0 degree, 45 degrees, and 90 degrees, to a reference axis, and the light analysis condition of light pulse signal 3b which receives light by other end 1b of an optical fiber 1 is set as four kinds, 0 degree, 45 degrees, 90 degrees, and a circle (circular polarization of light). And the optical reinforcement of light pulse signal 3b is measured in the state of four kinds of light analysis for every polarization condition (0 degree by the side of incidence, 45 degrees, and 90 degrees).

[0009] Therefore, it measures in a total of 12 kinds of combination. (1) type can be found, if optical reinforcement (incident light reinforcement) of light pulse signal 3a of each polarization condition is set to X00, X45, and X90 (= [X]) and optical reinforcement (outgoing radiation light reinforcement) of light pulse signal 3b of each light analysis condition is set to Y00, Y45, Y90, and YR (= [Y]).

[0010]

$$[Y] = [S] [X]$$

... (1)

[S] calls among a formula the parameter [S] of the stokes which shows the relation between the optical reinforcement X00, X45, and X90 (= [X]) of an input side, and the optical reinforcement Y00, Y45, Y90, and YR (= [Y]) of an output side. If the parameter [S] of a stokes can be found, it will ask for Jones vectors J00, J45, J90, and JR of each output light (each light analysis condition) from the parameter [S] of this stokes. Furthermore, one Jones matrix T is searched for from each of these Jones vectors J00, J45, J90, and JR.

[0011] Only very small wavelength  $\Delta\lambda$  changes the wavelength of light pulse signal 3a which carries out incidence of the Jones matrix T explained above, and it asks by the same count technique. That is, the Jones matrices T ( $\lambda_1$ ) and T ( $\lambda_2$ ) in two kinds of wavelength  $\lambda_1$  and  $\lambda_2$  are searched for. Polarization mode dispersion PDM which consists of time delay  $\Delta\tau$  or phase contrast  $\Delta\phi$  produced from these two matrix values T ( $\lambda_1$ ) and T ( $\lambda_2$ ) Mitsunari part 2a in other end 1b of an optical fiber 1 and between 2bs can be found.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the following technical problems which should still be improved in the technique of measuring polarization mode dispersion PDM of an optical fiber in the procedure mentioned above occurred.

[0013] That is, in addition to a total of 12 kinds of Measuring conditions of three kinds of polarization conditions for carrying out incidence of the light pulse signal 3a for a trial, and four kinds of light analysis conditions for taking out light pulse signal 3b, since the data of two kinds of wavelength  $\lambda_1$  and  $\lambda_2$  are required, the sum total and 24 measurement must be carried out. Therefore, measurement working hours increase sharply.

[0014] Moreover, in the technique shown in drawing 10, only polarization mode dispersion PDM in other end 1b in the optical fiber 1 of the measuring object can be measured. For example, in the long-distance optical fiber 1 exceeding 1000km, it is thought that deformation various by the middle and stress are impressed. In such a location, although it was thought that polarization mode dispersion PDM changed rapidly, there was no way which grasps change of such polarization mode dispersion PDM generated in the halfway location in an optical fiber 1.

[0015] This invention is made in view of such a situation, and while being able to measure the polarization mode dispersion in each location in an optical fiber by using the back scattered light generated in an optical fiber, it aims at offering the polarization mode dispersion distribution measuring device which can shorten the measurement processing time sharply.

[0016]

[Means for Solving the Problem] In order to cancel the above-mentioned technical problem, the polarization mode dispersion distribution measuring device of this invention The light source section which carries out outgoing radiation of two or more pulse-like light which has mutually different wavelength by the predetermined measurement cycle, The polariscope which it polarizes [ polariscope ] alternatively to three different plane of polarization, respectively, and carries out incidence of the light it was multiplexed [ light ] with the multiplexing machine which multiplexes each light by which outgoing radiation was carried out from the light source section, and the multiplexing vessel to a measuring object optical fiber, The light analysis machine whose extract received the back scattered light by which outgoing radiation is carried out from a measuring object optical fiber, and was alternatively enabled in 0 degree of this back scattered light, 45 degrees; 90 degrees, and each light analysis component of a circle, The splitter which separates spectrally each light analysis component by which outgoing radiation was carried out from the light analysis

machine into the light of the wavelength from which the origin of plurality differs, Two or more light sensing portions which receive each light separated spectrally with the splitter and are changed into the signal corresponding to optical reinforcement, Based on each data outputted, respectively from two or more A/D converters which change into digital data the signal outputted from two or more light sensing portions, and two or more A/D converters, it has the polarization mode dispersion distribution calculation section which computes the polarization mode dispersion in each location of a measuring object optical fiber.

[0017] thus, the constituted polarization mode dispersion distribution measuring device — setting — the gauge control section — the Jones matrix (JMM) — the sequential directions of the combination of a total of 12 pieces of the polarization condition and light analysis condition which are adopted when law is used are carried out to a polariscope and a light analysis machine for every measurement cycle. Furthermore, two or more pulse-like light which has mutually different wavelength in each of this measurement cycle is impressed to the optical fiber of the measuring object. Therefore, the required measurement count fell to 24 conventional times or 12 times of one half. Consequently, the measurement processing time can be shortened sharply.

[0018] Moreover, the light which carried out incidence from the end of a measuring object optical fiber was not detected by the other end side, and is detected by the back scattered light outputted from an end side. Since a back scattered light is the reflected light in each location in a measuring object optical fiber, it can detect the optical condition in each location equivalent. Since the back scattered light which received by the end is strictly transmitted in the path of being twice many as this, it is necessary to amend receiving level. Polarization mode dispersion PDM in each location in a measuring object optical fiber can be found from the optical condition in each of this location, and the optical condition in an end.

[0019] Moreover, in the polarization mode dispersion distribution measuring device of invention which mentioned another invention above, into a measurement cycle, the light source section can shift time amount and carries out outgoing radiation of two or more pulse-like light which has mutually different wavelength.

[0020] Moreover, in the polarization mode dispersion distribution measuring device of invention which mentioned another invention above, the light source section carries out outgoing radiation of two or more pulse-like light which has mutually different wavelength to the same timing.

[0021] Moreover, in the polarization mode dispersion distribution measuring device of invention which mentioned another invention above, the light source section carries out outgoing radiation of the pulse-like 2 light which has mutually different wavelength.

[0022] Furthermore, it sets to the polarization mode dispersion distribution measuring device of another invention. The wavelength adjustable light source section which carries out outgoing radiation of two or more light of the shape of pulse shifted in time [ have mutually different wavelength and ] by the predetermined measurement cycle, The polariscope which it polarizes [ polariscope ] alternatively to three different plane of polarization based on external directions, respectively, and carries out incidence of the light by which outgoing radiation was carried out from the wavelength adjustable light source section to a measuring object optical fiber, The light analysis machine whose extract received the back scattered light by which outgoing radiation is carried out from a measuring object optical fiber, and was alternatively enabled in 0 degree of this back scattered light, 45 degrees, 90 degrees, and each light analysis component of a circle, The splitter which separates spectrally into the light of each wavelength each light analysis component by which outgoing radiation was carried out from the light analysis machine, Two or more light sensing portions which receive each light separated spectrally with the splitter and are changed into the signal corresponding to optical reinforcement, Two or more A/D converters which change into digital data the signal outputted from the start time of a measurement cycle from two or more light sensing portions with a fixed time interval, The polarization mode dispersion distribution calculation section which computes the polarization mode dispersion (PMD) in each location of a measuring object optical fiber based on each data outputted from two or more A/D converters, respectively, While carrying out the sequential directions of the combination of a total of 12 pieces of a polarization condition and a light analysis condition to a polariscope and a light analysis machine for every measurement cycle, it has the gauge control section which directs calculation of polarization mode dispersion to the polarization mode dispersion distribution calculation section after these a total of 12 directions of combination.

[0023] Thus, in the constituted polarization mode dispersion distribution measuring device, since the wavelength adjustable light source section which carries out outgoing radiation of the light which has two or more pulse shape shifted in time [ wavelength differs mutually and ] is adopted, a multiplexing machine is not required and simplification of the whole equipment can be attained.

[0024]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, each operation gestalt of this invention is explained using a drawing.

(The 1st operation gestalt) Drawing 1 is the outline block diagram of the polarization mode distribution measuring device concerning the 1st operation gestalt of this invention. In the light source section 10, as shown in drawing 2, semiconductor laser 11a which carries out outgoing radiation of the light pulse a1 of wavelength  $\lambda_1$  which has pulse width W by the fixed measurement cycle TS, and semiconductor laser 11b which carries out outgoing radiation of the light pulse a2 of wavelength  $\lambda_2$  which has pulse width W by the fixed measurement cycle TS are incorporated. Drive control of pulse width [ of each light pulses a1 and a2 by which outgoing radiation is carried out from each semiconductor laser 11a and 11b ] W, a measurement cycle TS, and the amount tS of gaps of the outgoing radiation timing of each light pulses a1 and a2 is carried out in the drive circuit 13. If the drive circuit 13 becomes each start time of a measurement cycle TS, respectively, it sends out the conversion initiation timing signals d1 and d2 to the timing control section 28.

[0025] It is multiplexed by one light a with the following multiplexing vessel 14, and incidence of each light pulses a1 and a2 by which outgoing radiation was carried out by only the very small time amount tS shifting from the light source section 10 is carried out to the polariscope 15 with which the following polarizer 15a was incorporated. This polariscope 15 controls the light a which adjusted and carried out incidence of the include angle of polarizer 15a based on the directions from the gauge control section 27 in each polarization condition (0 degree, 45 degrees, and 90 degrees) over a reference direction.

[0026] The light a controlled by the polariscope 15 by one of the inside whose polarization directions are 0 degree, 45 degrees, and 90 degrees passes the optical turnout 16 as it is, and incidence is carried out through a connector 17 to end 18a of the optical fiber 18 of the measuring object. The light a by which incidence was carried out from end 18a is transmitted in the direction of other end 18b in the inside of an optical fiber 18. At the process in which Light a is transmitted in the inside of an optical fiber 18, a back scattered light b is the main \*\*\*\*. Outgoing radiation of this back scattered light b is carried out from end 18a of an optical fiber 18, and incidence is carried out through a connector 17 to the optical turnout 16. A back scattered light b branches by the optical turnout 16, and incidence is carried out to the light analysis machine 19.

[0027] In this light analysis machine 19, the analyzer 20 and the quarter-wave length plate 21 are incorporated. The light analysis machine 19 extracts a part for Mitsunari of the light analysis direction (0 degree to the reference direction of the back scattered light b by which adjusted the include angle of an analyzer 20, or chose the quarter-wave length version 21 and incidence was carried out, 45 degrees, and 90 degrees), or the circular polarization of light (light analysis) based on the directions from the gauge control section 27.

[0028] The amount of [ of each light analysis direction of the back scattered light b extracted with the light analysis vessel 19 ] Mitsunari is the following splitter 22, and it is separated spectrally into the original wavelength  $\lambda_1$  and two back scattered lights b1 and b2 with  $\lambda_2$  component, respectively.

[0029] After each back scattered lights b1 and b2 with each wavelength  $\lambda_1$  and  $\lambda_2$  component which were separated spectrally with the splitter 22 are changed into the signal corresponding to optical reinforcement by light sensing portions 23a and 23b, respectively and are amplified by predetermined level by each amplifiers 24a and 24b, they are inputted into each A/D converters 25a and 25b.

[0030] Each A/D converters 25a and 25b will change each inputted signal into each digital data value D $\lambda$ 11, D $\lambda$ 12, D $\lambda$ 13, —, D $\lambda$ 21, D $\lambda$ 22, D $\lambda$ 23, and — synchronizing with the clock of the fixed time interval t<sub>d</sub>, if each conversion initiation timing signals d1 and d2 from the timing control section 28 input as shown in drawing 2. Each data value D $\lambda$ 11 changed with each A/D converters 25a and 25b, D $\lambda$ 12, D $\lambda$ 13, —, D $\lambda$ 21, D $\lambda$ 22, D $\lambda$ 23, and — are inputted into the following polarization mode dispersion distribution calculation section 26. Therefore, it becomes the optical reinforcement Y of the light pulse in each of this data value D $\lambda$ 11, D $\lambda$ 12, D $\lambda$ 13, —, each location [ in / in D $\lambda$ 21, D $\lambda$ 22, D $\lambda$ 23, and — / the optical fiber 18 of the measuring object ] L (each distance locations L1, L2, and L3 from end 18a, —).

[0031] For example, the polarization mode dispersion distribution calculation section 26 which consists of a small computer Each data value D $\lambda$ 11 in 24 kinds of each Measuring condition (a polarization condition, a light analysis condition, and a wavelength condition should put together) inputted from each A/D converters 25a and 25b, D $\lambda$ 12, D $\lambda$ 13, —, D $\lambda$ 21, D $\lambda$ 22, D $\lambda$ 23, and — are once memorized. Based on the calculation directions e from the gauge control section 27, it can set to each distance locations L1, L2, and L3 from the end in the optical fiber 18 of the measuring object, and —. For example, it is calculation \*\*\*\*\* about the polarization mode dispersion PDM1, PDM2, and PDM3

which consists of time delay  $\Delta\tau$  or phase contrast  $\Delta\phi$  produced Mitsunari part 2a and between 2bs, and —.

[0032] The polariscope 15 when carrying out outgoing radiation of the light pulse  $a_1$  of one single wavelength  $\lambda_1$  from the light source section 10 specifically 0 degree, Each lightwave signals X001, X451, and X901 (= 1) at the time of changing into each electrical signal of the polariscope 15 at the time of setting it as three polarization conditions (45 degrees and 90 degrees) ( $A=1-3$ ) are measured beforehand, and storage maintenance is carried out at the storage section. Similarly the polariscope 15 when carrying out outgoing radiation of the light pulse  $a_2$  of the single wavelength  $\lambda_2$  of another side from the light source section 10 0 degree, Each lightwave signals X002, X452, and X902 (= 2) at the time of changing into each electrical signal of the polariscope 15 at the time of setting it as three polarization conditions (45 degrees and 90 degrees) ( $A=1-3$ ) are measured beforehand, and storage maintenance is carried out at the storage section.

[0033] and — each — distance — a location — L — one — L — two — L — three — it can set — each — wavelength —  $\lambda_1$  — one —  $\lambda_2$  — two — every — 12 — a kind — a data value — D —  $\lambda_1$  — one (= 1) — D —  $\lambda_2$  — two (= 2) — from — having mentioned above — (— one —) — a formula — filling — each — wavelength —  $\lambda_1$  —  $\lambda_2$  — two — every — a stokes — a parameter — [ $S_1$ ] — one — [ $S_2$ ] — two — computing . If each wavelength  $\lambda_1$ , the parameter  $[S]$  1 of the stokes in every  $\lambda_2$ , and 2 can be found, it will ask for Jones vectors  $J_{00}$ ,  $J_{45}$ ,  $J_{90}$ , and  $J_R$  of each wavelength  $\lambda_1$  and the output light (each light analysis condition) in every  $\lambda_2$  from the parameter  $[S]$  1 of each of this stokes, and 2. Furthermore, one Jones matrices  $T$  ( $\lambda_1$ ) and  $T$  ( $\lambda_2$ ) are searched for for every [ each wavelength  $\lambda_1$  and ]  $\lambda_2$ , respectively from each of this wavelength  $\lambda_1$  and Jones vectors  $J_{00}$ ,  $J_{45}$ ,  $J_{90}$ , and  $J_R$  in every  $\lambda_2$ . Polarization mode dispersion PMD which consists of time delay  $\Delta\tau$  or phase contrast  $\Delta\phi$  produced Mitsunari part 2a in the applicable distance location L of the optical fiber 18 of the measuring object and between 2bs is computed from each of this wavelength  $\lambda_1$  and the matrix values  $T$  ( $\lambda_1$ ) and  $T$  ( $\lambda_2$ ) in every  $\lambda_2$ .

[0034] If polarization mode dispersion PMD in one distance location L can be found, polarization mode dispersion PMD in each distance location will be computed in the same procedure.

[0035] Thus, each distance locations L1, L2, and L3 from end 18a of the optical fiber 18 of the measuring object, each polarization mode dispersion PMD1, PMD2, and PMD3 in —, and — are computed. Drawing 4 is drawing showing an example of the distribution property in the optical fiber 18 of computed polarization mode dispersion PMD.

[0036] The gauge control section 27 which consists of a computer sets up the width of face W of each light pulses  $a_1$  and  $a_2$ , a measurement cycle TS, and the amount  $tS$  of gaps of the outgoing radiation timing of each light pulses  $a_1$  and  $a_2$  to the drive circuit 13 of the light source section 10 in advance of initiation of this polarization mode dispersion distribution PMD measurement.

[0037] After the above preliminary treatment ends the gauge control section 27, three polarization conditions (0 degree, 45 degrees, and 90 degrees). While carrying out the sequential directions of the combination of a total of 12 pieces with 0 degree, 45 degrees, 90 degrees, and four light analysis conditions of a circle (polarization) to a polariscope 15 and the light analysis machine 19 for every measurement cycle TS, the calculation directions e of polarization mode dispersion are sent out to the polarization mode dispersion distribution calculation section 26 after these a total of 12 directions of combination.

[0038] The detail actuation in this gauge control section 27 is explained using the flow chart of drawing 3 R> 3. First, the definition with a polarization condition and a light analysis condition is performed. As shown in drawing 3 , the polarization condition  $A=1$  is considered as 0-degree polarization, the polarization condition  $A=2$  is considered as 45-degree polarization, and the polarization condition  $A=3$  is considered as 90-degree polarization. Moreover, the light analysis condition  $B=1$  is considered as 0-degree light analysis, the polarization condition  $B=2$  is considered as 45-degree light analysis, the polarization condition  $B=3$  is considered as 90-degree light analysis, and  $B=4$  is considered as the circle light analysis (polarization) using a quarter-wave length plate.

[0039] Initiation of processing initializes the polarization condition of a polariscope 15 over the light a which carries out incidence to an optical fiber 18 in S(step) 1 ( $A=1$ ). And the polarization condition of a polariscope 15 is set as A (S2). Next, the light analysis condition of the light analysis machine 19 over the back scattered light b outputted from an optical fiber 18 in S3 is initialized (B=1). And the light analysis condition of the light analysis machine 19 is set as B (S4).

[0040] Next, output finger directions of light pulses  $a_1$  and  $a_2$  are sent out to the drive circuit 13 of the light source section 10 (S5). Then, as shown in drawing 2 from the light source section 10, the light pulses

a1 and a2 of the pair from which output timing shifted only in the very small time amount tS are outputted by pulse width W. An output of the light pulses a1 and a2 of a pair sends out the \*\*\*\* initiation commands d1 and d2 from the drive circuit 13 to each A/D converters 25a and 25b. Consequently, synchronizing with the clock of the fixed time interval td, output initiation of each data value Dlambdai1, Dlambdai2, Dlambdai3, —, Dlambdai21, Dlambdai22, Dlambdai23, and — is carried out from each A/D converters 25a and 25b.

[0041] The gauge control section 27 sends out the reading directions e of each data value Dlambdai1 over each wavelength lambda1 and lambda2, Dlambdai2, Dlambdai3, —, Dlambdai21, Dlambdai22, Dlambdai23, and — to the polarization mode dispersion distribution operation part 26 (S6). Consequently, the polarization mode dispersion distribution operation part 26 starts the read of each data value Dlambdai1 over each wavelength lambda1 and lambda2 in one Measuring condition which consists of combination [AB] of the polarization condition A and the light analysis condition B, Dlambdai2, Dlambdai3, —, Dlambdai21, Dlambdai22, Dlambdai23, and —.

[0042] And if a measurement cycle (period) TS passes since the output start time of the light pulses a1 and a2 of a pair (S7), it will judge that the measurement processing to the back scattered lights b1 and b2 to one Measuring condition was completed, and the light analysis condition over a back scattered light b will be updated in S8 (B=B+1).

[0043] And when the light analysis condition B after updating is not over 4, the measurement processing to return and the back scattered lights b1 and b2 to the Measuring condition which used the light analysis condition B after updating is started to (S9) and S4.

[0044] Since four measurement processings in which the light analysis condition over one polarization condition was changed were completed when the light analysis condition B after updating exceeded 4 in S9, the polarization condition over the light a which carries out incidence to an optical fiber 18 in S10 is updated (A=A+1).

[0045] And when the polarization condition A after updating is not over 3, the measurement processing to return and the back scattered lights b1 and b2 to the Measuring condition which used the polarization condition A after updating is started to (S11) and S2.

[0046] When the polarization condition A after updating exceeds 3 in S11 Since each data value Dlambdai1 over each wavelength lambda1 and lambda2 to the combination of a total of 12 pieces of three polarization conditions A and four light analysis conditions B [AB], Dlambdai2, Dlambdai3, —, Dlambdai21, Dlambdai22, Dlambdai23, and read processing of — were completed The polarization mode dispersion PMD1, PMD2, and PMD3 in each location L of the optical fiber 18 of the measuring object and the calculation directions e of — are outputted to the polarization mode dispersion distribution operation part 26.

[0047] The polarization mode dispersion distribution calculation section 26 will compute each distance locations L1, L2, and L3 from end 18a of the optical fiber 18 of the measuring object, each polarization mode dispersion PMD1, PMD2, and PMD3 in —, and — in the procedure mentioned above, if the calculation directions e of polarization mode dispersion input from the gauge control section 27. And a calculation result is outputted.

[0048] Thus, in the constituted polarization mode dispersion measuring device, it was outputted from the light source section 10, the light a which carried out incidence from end 18a of the optical fiber 18 of the measuring object was not detected by other end 18b via the multiplexing machine 14 and the polariscope 15, and it has detected by the back scattered light b outputted from the end 18a side.

[0049] Since a back scattered light b is the reflected light in each distance locations L1, L2, and L3 in the optical fiber 18 of the measuring object, and —, the optical condition in each location L is detectable equivalent. And each data value Dlambdai1 in each Measuring condition of the back scattered light b in each distance locations L1, L2, and L3 and —, Dlambdai2, Dlambdai3, —, Dlambdai21, Dlambdai22, Dlambdai23, and — are read, and it is asking for each distance locations L1, L2, and L3 in the optical fiber 18 of the measuring object, each polarization mode dispersion PMD1, PMD2, and PMD3 in —, and — using these data values. Therefore, polarization mode dispersion PMD of the optical fiber 18 of the measuring object can be measured more in a detail.

[0050] moreover, the gauge control section 27 — the Jones matrix (JMM) — the sequential directions of the combination of a total of 12 pieces of three polarization conditions of a polariscope 15 and four light analysis conditions of an analyzer 19 which are adopted when law is used are carried out to the polariscope 15 and the light analysis machine 19 for every measurement cycle TS. Furthermore, the light a with which it was multiplexed in the light pulses a1 and a2 of the pair from which it has mutually different wavelength lambda1 and lambda2, and outgoing radiation timing shifted in each of this measurement cycle TS only in the very small time amount tS is impressed to the optical fiber 18 of the measuring object. And

the back scattered light b is divided into two back scattered lights b1 and b2 which have each original wavelength lambda1 and lambda2 with a splitter 22.

[0051] Therefore, since the operation to the light of mutually different wavelength lambda1 and lambda2 was carried out within the same measurement-cycle  $T_{</SUB>S}$ , the required measurement count fell to 12 times of one half from 24 conventional times. Consequently, the measurement processing time of polarization mode dispersion PMD can be shortened sharply.

[0052] (The 2nd operation gestalt) In the 1st operation gestalt equipment shown in drawing 1, outgoing radiation timing controlled the light pulses a1 and a2 of the pair outputted from the light source section 10 so that only the very small time amount tS shifted. However, as shown in drawing 5, it is also possible to control identically the outgoing radiation timing of each light pulses a1 and a2.

[0053] (The 3rd operation gestalt) Drawing 6 is the outline block diagram of the polarization mode distribution measuring device concerning the 3rd operation gestalt of this invention. The same sign is given to the same part as the polarization mode distribution measuring device of the 1st operation gestalt shown in drawing 1. Therefore, detail explanation of the overlapping part is omitted.

[0054] In this 3rd operation gestalt equipment, the semiconductor laser 11a, 11b, —, 11N of N ( $N > 3$ ) base which carries out outgoing radiation of wavelength lambda1 and lambda2 different, respectively, —, the light pulses a1, a2, —, aN that have lambdaN is incorporated in the light source section 10. The multiplexing machine 14 multiplexes the light pulses a1, a2, —, aN of N individual in one light a.

[0055] Incidence of the light a compounded with the multiplexing vessel 14 is carried out through a polariscope 15 and the optical turnout 16 to the optical fiber 18 of the measuring object. Incidence of the back scattered light b of an optical fiber 18 is carried out through the optical turnout 16 and the light analysis machine 19 to splitter 22a. Splitter 22a separates spectrally into the back scattered lights b1, b2, —, bN of the original wavelength lambda1 and lambda2, —, N individual with lambdaN component the back scattered light b which carried out incidence, respectively.

[0056] After each wavelength lambda1 and lambda2 which branched by splitter 22a, —, each back scattered lights b1, b2, —, bN with lambdaN component are changed into the signal corresponding to optical reinforcement by light sensing portions 23a, 23b, —, 23N, respectively, they are inputted into A/D converters 25a, 25b, —, 25N.

[0057] Each A/D converters 25a and 25b and —25N, when each conversion initiation timing signals d1 and d2 from the timing control section 28 and —dN input, it is the fixed time interval td, and each inputted signal is changed into each digital data value Dlambda11, Dlambda12, Dlambda13, —, Dlambda21, Dlambda22, Dlambda23, —, DlambdaN1, DlambdaN2 and DlambdaN3, and —. Each data value Dlambda11 changed by each A/D converters 25a and 25b and —25N, Dlambda12, Dlambda13, —, Dlambda21, Dlambda22, Dlambda23, —, DlambdaN1, DlambdaN2 and DlambdaN3, and — are inputted into the following polarization mode dispersion distribution calculation section 26.

[0058] The polarization mode dispersion distribution calculation section 26 carries out data processing of wavelength [ of N individual specified from the gauge control section 27 ] lambda1 and lambda2, —, polarization [ as opposed to each distance location L of the optical fiber 18 of the measuring object using the combination of wavelength lambdas of the pair of the arbitration of the lambdaN and lambdaB ] mode dispersion PMD.

[0059] Thus, in the constituted polarization mode dispersion distribution measuring device, when the gauge control section 27 makes sequential selection of two or more pairs of wavelength from which a wavelength field differs mutually and directs in the polarization mode dispersion distribution calculation section 26, as shown in drawing 7 (a), polarization mode dispersion PMD in each wavelength lambda in an optical fiber 18 is computed, and the wavelength property of the polarization mode dispersion PMM can be acquired.

[0060] Furthermore, as wavelength lambdas of a pair and lambdaB are shown not only in the combination of the wavelength which approached but in drawing 7 (b), polarization mode dispersion PMD to the combination of the wavelength of arbitration can be measured.

[0061] Thus, in the polarization mode dispersion distribution measuring device of this 3rd operation gestalt, the various wavelength properties in polarization mode dispersion PMD of the optical fiber 18 of the measuring object can be acquired.

[0062] (The 4th operation gestalt) Drawing 8 is the outline block diagram of the polarization mode distribution measuring device concerning the 4th operation gestalt of this invention. The same sign is given to the same part as the polarization mode distribution measuring device of the 1st operation gestalt shown in drawing 1. Therefore, detail explanation of the overlapping part is omitted.

[0063] In this 3rd operation gestalt equipment, the wavelength adjustable light source section 30 was formed instead of the light source section 10 in the 1st operation gestalt equipment of drawing 1, and the

multiplexing machine 14 is removed. In the wavelength adjustable light source section 30, the semiconductor laser 31 by which an adjustable setup of the oscillation wavelength lambda is carried out in the predetermined wavelength range at arbitration is incorporated in drive circuit 13a.

[0064] And if the gauge control section 27 sends out the outgoing radiation command of the light which has two or more pulse shape which shifted to drive circuit 13a in time [ wavelength differs mutually and ], it will set from the wavelength adjustable light source section 30 in the measurement cycle TS shown in drawing 2 (a). It has same pulse width W, and wavelength lambda differs mutually, and outgoing radiation of the one light a with the pulse shape of a pair with which generating time of day shifted only in the very small time amount tS is carried out. Incidence of the one light a by which outgoing radiation was carried out from this wavelength adjustable light source section 30 is carried out as it is to a polariscope 15. The actuation after it is the same as the 1st operation gestalt equipment of drawing 1 .

[0065] Therefore, the almost same operation effectiveness as the polarization mode dispersion distribution measuring device of the 1st operation gestalt explained previously can be done so. Furthermore, in this operation gestalt equipment, it is not necessary to use a multiplexing machine.

[0066]

[Effect of the Invention] As explained above, in the polarization mode dispersion distribution measuring device of this invention, the information on the light which spreads each location in an optical fiber using the back scattered light generated in an optical fiber has been acquired. Furthermore, he is trying to incorporate two or more light pulses from which wavelength differs within one measurement cycle to the light which carries out incidence to an optical fiber. Therefore, while being able to measure polarization mode dispersion PMD in each location in an optical fiber, the measurement processing time can be shortened sharply.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing showing the outline configuration of the polarization mode dispersion distribution measuring device concerning the 1st operation gestalt of this invention

[Drawing 2] The timing diagram which shows measurement actuation of the polarization mode dispersion distribution measuring device of this 1st operation gestalt

[Drawing 3] The flow chart showing actuation of the gauge control section included in the polarization mode dispersion distribution measuring device of this 1st operation gestalt

[Drawing 4] Drawing showing the property of the polarization mode dispersion measured with the polarization mode dispersion distribution measuring device of this 1st operation gestalt

[Drawing 5] Drawing showing the wave of the light by which outgoing radiation is carried out from the light source section in the polarization mode dispersion distribution measuring device concerning the 2nd operation gestalt of this invention

[Drawing 6] Drawing showing the outline configuration of the polarization mode dispersion distribution measuring device concerning the 3rd operation gestalt of this invention

[Drawing 7] Drawing showing the wavelength property of the polarization mode dispersion measured with the polarization mode dispersion distribution measuring device of this 3rd operation gestalt

[Drawing 8] Drawing showing the outline configuration of the polarization mode dispersion distribution measuring device concerning the 4th operation gestalt of this invention

[Drawing 9] Drawing for explaining polarization mode dispersion

[Drawing 10] Drawing for explaining the measurement principle of the polarization mode dispersion using the Jones matrix method

[Description of Notations]

10 — Light source section

11a, 11b, 11N — Semiconductor laser

13 13a — Drive circuit

14 — Multiplexing machine

15 — Polariscopic

16 — Optical turnout

18 — Optical fiber

19 — Light analysis machine

22 22a — Splitter

23a, 23b, 23N — Light sensing portion

24a, 24b, 24N — Amplifier

25a, 25b, 25N — A/D converter

26 — Polarization mode dispersion distribution operation part

27 — Gauge control section

28 — Timing control section

30 — Wavelength adjustable light source section

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

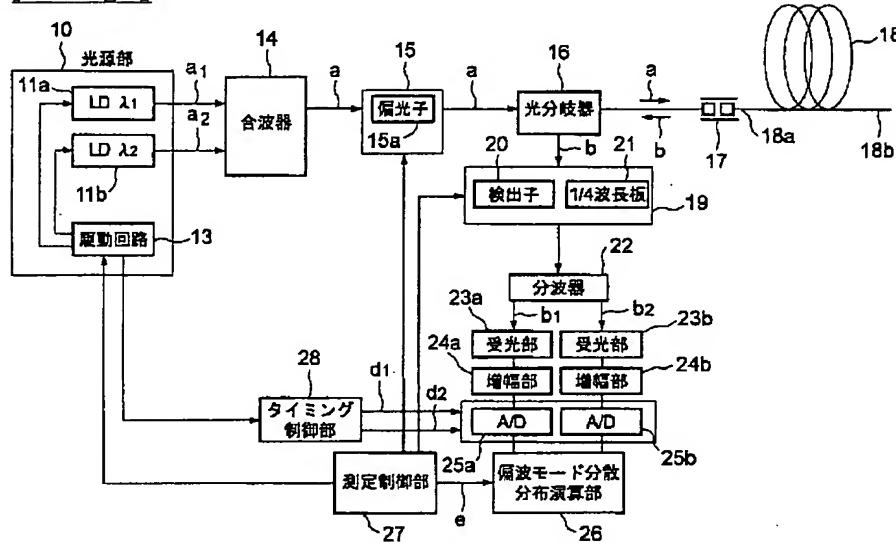
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

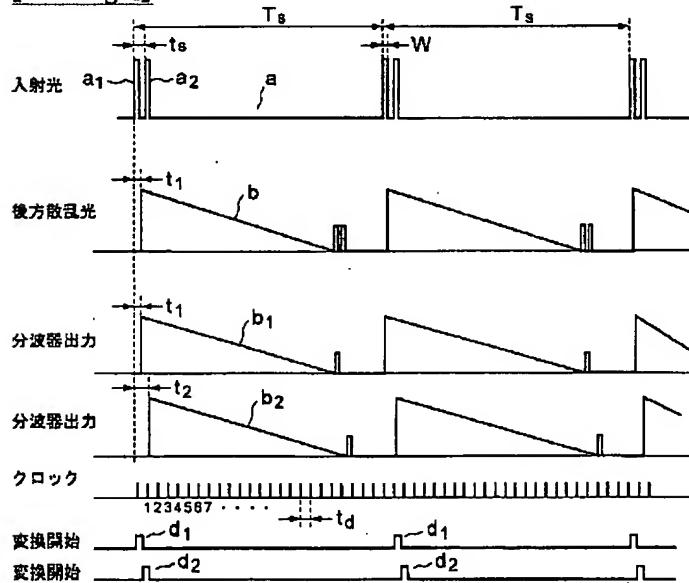
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

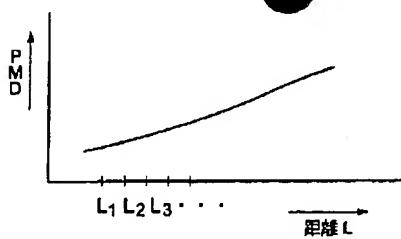
## [Drawing 1]



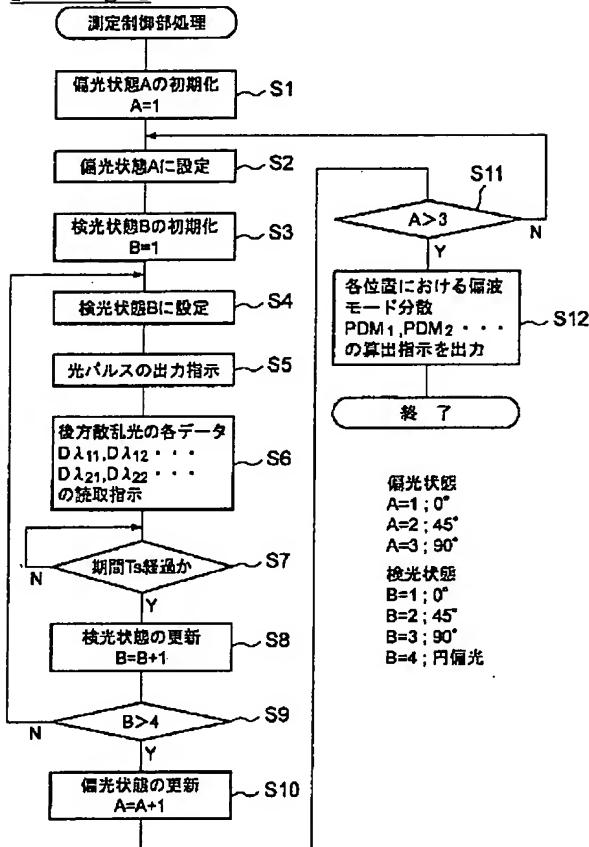
## [Drawing 2]



## [Drawing 4]



[Drawing 3]

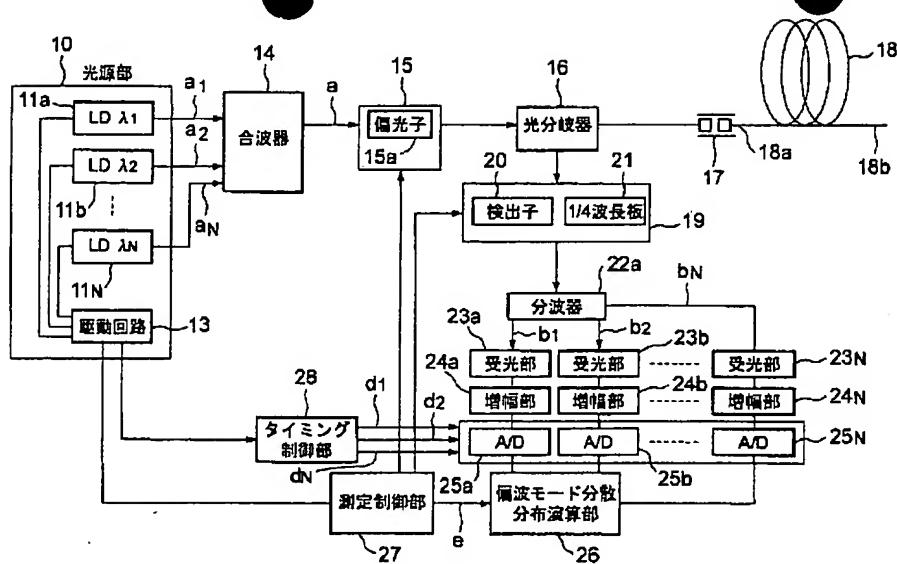


偏光状態  
A=1 ; 0°  
A=2 ; 45°  
A=3 ; 90°  
検光状態  
B=1 ; 0°  
B=2 ; 45°  
B=3 ; 90°  
B=4 ; 円偏光

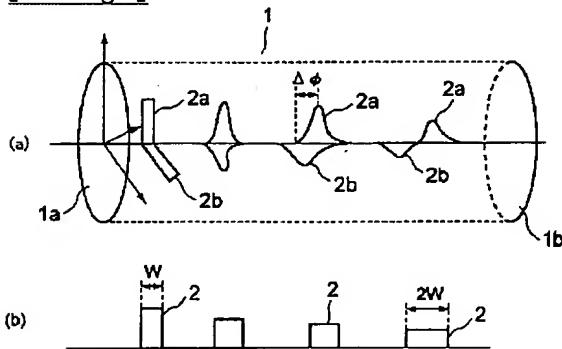
[Drawing 5]



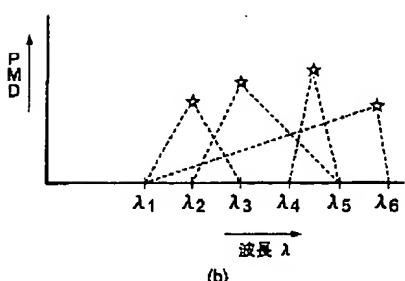
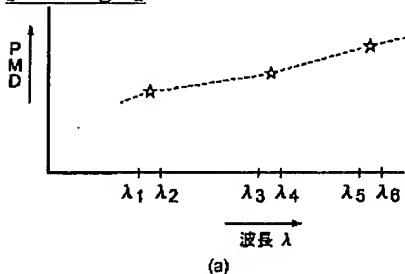
[Drawing 6]



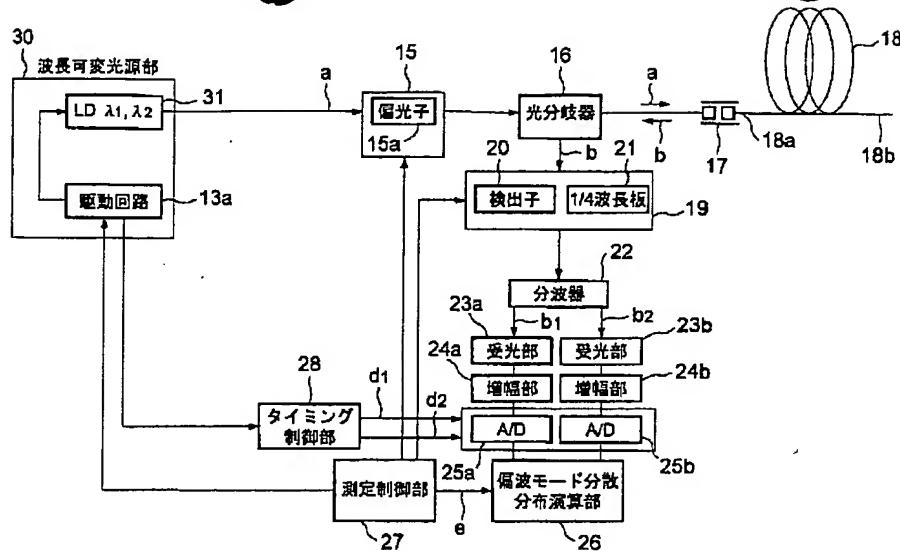
[Drawing 9]



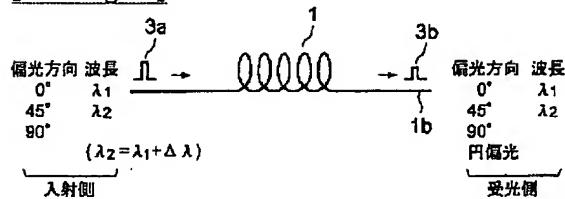
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 10]



[Translation done.]